Geography and Environmental Hazards
Volume 11, Issue 2 - Number 42, Summer 2022
https://geoeh.um.ac.ir
https://dx.doi.org/10.22067/geoeh.2021.70243.1057

جغرافیا و مخاطرات محیطی، سال یازدهم، شمارۀ چهل و دوم، تابستان ۱۴۰۱، صص ۱۵۸-۱۴۳

مقاله پژوهشی

مکانیابی خدمات شهری در شهرهای جدید با به‌کارگیری سیستم اطلاعات جغرافیایی و منطق فازی (مطالعه موردی: محل دفن پسماند شهر جدید پردیس)

رومینا سیاح نیا [۱]– استادیار، گروه برنامه‌ریزی و طراحی محیط، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۳/۱۵ **تاریخ بازنگری:** ۱۴۰۰/۸/۴ **تاریخ تصویب:** ۱۴۰۰/۸/۱۶

چکیده

یکی از اهداف عمده در برنامه‌ریزی و احداث شهرک‌های اقماری در اطراف کلان‌شهرها، جذب سرریز جمعیت است که تا حدودی می‌تواند بار سنگینِ تهدیدات محیط‌زیستی را در کلان‌شهرها تقلیل دهد. از طرفی عدم توجه به مکان‌یابی خدمات شهری و برنامه‌ریزی بدون ملاحظات محیط‌زیستی در این شهرهای جدید مصائبی را بر منطقه تحمیل خواهد کرد. با توجه به اهمیت موضوع، هدف این مطالعه مکان‌یابی محل دفن پسماند شهری در شهر جدید پردیس انتخاب شد. شهر جدید پردیس از شهرک‌های اقماری حاشیه کلان‌شهر تهران در فاصله ۱۸ کیلومتری شرق تهران قرار دارد. در این مطالعه با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره و به‌کارگیری قابلیت‌های سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی و فرایند تحلیل سلسله مراتبی است. معیارهای موردنظر در این مطالعه عبارتند از: فاصله از چاه‌های عمیق آب، شیب زمین، فاصله از شهر جدید پردیس، فاصله از آب‌های سطحی، فاصله از مراکز جمعیتی، فاصله از باغات، فاصله از زمین‌های کشاورزی و فاصله از جاده‌های دسترسی. در این پژوهش پس از تعیین ضریب اهمیت معیارها، تحلیل‌ها بر طبق دو منطق بولین و فازی در محیط نرم‌افزار Arcgis10.5 انجام و زمین‌های مطلوب برای دفن پسماند شهری در جنوب‌شرقی شهر جدید پردیس مشخص گردید. نتایج این بررسی نشان می‌دهد که کمترین زمین‌های ایجاد شده به لحاظ تعداد قطعات و مساحت آن‌ها در روش بولین و بیشترین آن در

---

۱ نویسنده مسئول: ۰۹۱۲۲۰۷۰۱۷۴ Email: r_sayahnia@sbu.ac.ir

نحوه ارجاع به این مقاله:

سیاح نیا، رومینا؛ ۱۴۰۱. مکانیابی خدمات شهری در شهرهای جدید با بکارگیری سیستم اطلاعات جغرافیایی و منطق فازی (مطالعه موردی: محل دفن پسماند شهر جدید پردیس). *جغرافیا و مخاطرات محیطی*. ۱۱(۲) صص ۱۵۸-۱۴۳
https://dx.doi.org/10.22067/geoeh.2021.70243.1057

روش فازی اســت؛ زیرا در روش بولین انتخاب معیارها مطلق و قطعی بوده است؛ حال‌آنکه در روش فازی به طرق گوناگون می‌توان در نتایج حاصل به نحوی تغییر ایجاد نمود که پاسخ‌های قابل‌قبول‌تری بدهد.

کلیدواژه‌ها: منطق فازی، تصمیم‌گیری چندمعیاره، محل دفن پسماند، شهر جدید پردیس.

۱- مقدمه

روند شــتابانِ توســعهٔ بی‌رویه و رشــد روزافزون جمعیت در شــهرهای بزرگ و بعضــاً شــهرک‌های اقماری از عمده‌ترین چالش‌های پیش روی محیط‌زیســت امروز است. صاحب‌نظران بر این باورند که با وضعیت موجود چنانچه در راســتای اهداف توســعه‌پایدار، برنامه‌ریزی جامع محیط‌زیســت تدوین و به منصــه اجرا گذارده نشــود، پیامدهای ناگواری در محیط‌زیست نمود پیدا کرده و خسارات قابل‌توجهی را به دنبال خواهد داشت.

یکی از اهداف عمده در برنامه‌ریزی و احداث مجموعه‌های زیســتی جدید (شــهرک‌های اقماری) در اطراف کلان‌شــهرها، جذب ســرریز جمعیت بوده که تا حدودی می‌تواند بار ســنگینِ تهدیدات محیط‌زیســتی را در کلان‌شهرها تقلیل دهد. از طرفی برنامه‌ریزی بدون ملاحظات محیط‌زیســتی در شــهرک‌های اقماری و عدم توجه به‌موقع در روند مدیریت پســماندهای این شهرک‌ها (پسماند و پساب‌های انسانی) مصائبی را بر منطقه تحمیل خواهد کرد. این مصائب گاه آنچنان افزون اســت که قابل قیاس با پیامدهای مثبت احداث این‌گونه شــهرک‌ها نبوده و اهداف از پیش تعیین شده را کمرنگ جلوه خواهد داد.

متأســفانه تلقی نادرســت از دفن بهداشــتی زباله باعث شده است که صرفاً حفر یک گودال، قرار دادن زباله در آن و پوشــاندن آن با خاک را دفن بهداشــتی بدانند؛ این در حالی اســت که دفن بهداشــتی مواد زائد از نظر صــاحب‌نظران مقوله‌ای مشــتمل بر چهار مرحله اســت: الف) ارزیابی اثرات محیطزیستی؛ ب) انتخاب مکان؛ ج) آماده‌سازی محل؛ د) بهره‌برداری؛ که هرکدام به انجام مطالعات و اعمالِ مدیریت صــحیح نیاز دارند. شــایان ذکر است که در این میان انتخاب محل دفن مناســب از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است که مستلزم در نظر گرفتن عوامل متعددی است. به دلیل پیچیدگی و تعدد عوامل مؤثر در مکان‌یابی، اســتفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و تلفیق آن با سایر روش‌ها نظیر فرایند تحلیل ســلســله مراتبی (AHP) برای ایجاد سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری فضایی (SDSS) به‌منظور دستیابی به نتایج مطلوب در دســتور کار متخصــصــان قرار گرفته اســت (صــمیمیان و زندمقدم، ۱۳۹٦، میرآبادی و عبدی‌قلعه، ۱۳۹٦، صــیدایی و حســین‌زاده ســورشجانی، ۱۳۹٦، اجتماعی و همکاران، ۱۳۹۷، رضویان و همکاران، ۱۳۹٤، اقصایی و سوری، ۱۳۹٦).

در زمینه مکان‌یابی محل دفن بهداشــتی زائدات جامد مطالعات فراوانی در داخل و خارج کشــور انجام شــده است. ماهینی و غلامعلی‌فرد در ســـال ۲۰۰٦ یک روش ارزیابی چند معیاره تحت عنوان ترکیب وزنی خطی در محیط GIS را برای مکان‌یابی محل دفن مواد زائد جامد شــهری شــهر گرگان بکار برده و نشان دادند که ترکیب وزنی خطی از طریق

ایجاد رابطه موازنه‌ای–جایگشتی در میان همه فاکتورها و متوسط ریسک نسبت به رویکرد بولین انعطاف‌پذیری بیشتری در تصمیم‌گیری دارد. معیارهای ارزیابی مورد استفاده در این مطالعه شامل نفوذپذیری، عمق آب‌های زیرزمینی، فاصله از رودخانه، فاصله از مناطق مسکونی، فاصله از جاده‌ها، شیب و جهت باد است. در این مطالعه زون‌های کوچک‌تر از ۲۰ هکتار از زون‌های مکان‌یابی حذف شد (ماهینی و غلامعلی فرد[1]، ۲۰۰۶). جواهری[2] و همکاران (۲۰۰۶) با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و یک نوع روش ارزیابی چند معیاره تحت عنوان ترکیب وزنی خطی، به ارزیابی تناسب شهرستان جیرفت در استان کرمان جهت تعیین محل‌های دفن پسماندهای ویژه پرداختند. نفوذپذیری، شیب، فاصله از رودخانه، سطح آب‌های زیرزمینی، فاصله از مناطق مسکونی، فاصله از مراکز تولید زباله، کاربری اراضی و فاصله از جاده‌ها، معیارهایی هستند که در مرحله آنالیز مد نظر قرار گرفتند. با توجه به اولویت نسبی هر معیار در مقایسه با سایرین، وزن ویژه‌ای به آن‌ها تعلق گرفت. سپس با در نظر گرفتن همه لایه‌های رستری در تناسب زمین، زون‌های نهایی مناسب، نسبتاً مناسب و نامناسب تعیین شدند. چنگ[3] و همکاران (۲۰۰۳) ترکیبی از آنالیز تصمیم‌گیری چند معیاره و برنامه خطی ترکیبی را برای پشتیبانی از مکان‌های بهینه دفن زباله بکار بردند. معیارهای مد نظر در این مطالعه شامل هزینه کل شبکه، اُفت ارزش زمین، توسعه، کاربری اراضی، تناسب کشاورزی، زیستگاه حیات‌وحش، قابلیت اطمینان، پذیرش عموم، اهمیت سیاسی، میراث فرهنگی و حمل‌ونقل است. ازآنجایی‌که هر روش تصمیم‌گیری چند معیاره خصوصیات و فرضیات متفاوت را منعکس می‌کند و استفاده از یک روش منفرد نتایج رضایت بخشی را حاصل نمی‌کند، توصیه شد که به‌منظور حل مسائل تصمیم‌گیری از چندین روش تصمیم‌گیری چند معیاره استفاده شود (چندراپا[4] و بوسان، ۲۰۱۲). سوماتهی[5] و همکاران (۲۰۰۷). با استفاده از تحلیل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره و روی هم‌گذاری با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی اقدام به مکان‌یابی محل دفن مواد زائد جامد شهری شهر پندیچری در کشور هند نمودند. در این مطالعه عواملی ازجمله زمین‌شناسی، منابع آب، کاربری اراضی، مناطق حساس، کیفیت هوا و کیفیت آب زیرزمینی در نظر گرفته شد و به هر معیار بر اساس اهمیت نسبی، وزنی تعلق گرفت. درنهایت پس از وزن دهی، ۱۷ منطقه به‌طور بالقوه مناسب ارزیابی شدند. بیشتر این محل‌ها بعد از در نظر گرفتن عواملی همچون نزدیکی خطوط انتقال نیرو، منبع اصلی آب شهر، مناطق مسکونی جدید و قرار گرفتن در زون مدرسه حذف شدند و درنهایت سه منطقه به‌عنوان مناسب‌ترین مناطق انتخاب شدند. پژوهش‌های مختلفی در جهان با هدف مکان‌یابی محل دفن زباله با استفاده از GIS و رویکرد ترکیبی Fuzzy-AHP

1. Mahini and Gholamalifard
2. Javaheri et al.
3. Chenge et al.
4. Chandrappa and Bhusan Das
5. Sumathi et al.

انجام شـده اسـت که به‌طور مثال می‌توان به ایتالیا (راندازو[1] و همکاران، ۲۰۱۸)، عراق (چابوک[2] و همکاران، ۲۰۱۹)، اسـپانیا (آریتا[3] و همکاران، ۲۰۱۶)، مراکش (برکت[4] و همکاران، ۲۰۱۷)، برزیل (سـاینگ[5] و همکاران، ۲۰۱۹) اشـاره نمود.

از مطالعات داخلی نیز می‌توان از پژوهش گیلوری و همکاران (۱۳۹٤) در شـهر یزد، نیکزاد و همکاران (۱۳۹٦) در شـهرسـتان علی‌آباد، صـمیمیان و زند مقدم (۱۳۹٦) در قائم‌شـهر، غلامی و همکاران (۱۳۹۹) در شهر صنعتی عسلویه، تقوی مقدم و همکاران (۱٤۰۰) در شـهر جغتای، بنی اسـدی و همکاران (۱۳۹٦) شـهرسـتان آسـتارا، عمادالدین و همکاران (۱۳۹۹) در شـهرسـتان گرگان و حجازی (۱۳۹٤) در مراغه یاد کرد. مرور مطالعات انجام شـده در خصوص مکان‌یابی محل‌های دفن پسـماند نشـان می‌دهد اگرچه تاکنون روش‌های متعددی در فرایند انتخاب محل دفن پسـماند مورد اسـتفاده واقع شـده اسـت، اما نقطه اشـتراک تمامی روش‌ها، اسـتفاده از سـیستم اطلاعات جغرافیایی و همپوشانی پارامترهای مختلف اسـت. در این بین رویکرد مورد اسـتفاده در فرایند همپوشـانی را می‌توان مهم‌ترین عامل تفاوت در خروجی مطالعات مختلف دانسـت. همچنین بررسـی پارامترهای مختلف مورد اسـتفاده در انتخاب محل دفن پسـماند حاکی از آن اسـت که بخش عمده‌ای از پارامترهای مورد اسـتفاده در فرایند مکان‌یابی لندفیل یکسـان بوده و در اکثر مطالعات مورد استفاده قرار گرفته است.

شـهر جدید پردیس به‌عنوان یکی از شـهرهای جدید در اطراف کلان‌شـهر تهران می‌باشـد که لازم اسـت مکان‌یابی اصـولی و مطابق با ملاحظات محیط‌زیسـتی برای خدمات شـهری آن انجام شـود. طبق گزارش‌های سـرشـماری سال ۱۳۹۵ حدود ۷۳ هزار نفر در این شـهر سـکونت دارند و نرخ رشـد سـالانه جمعیت در بازه‌های زمانی ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۵، ۱۱٫۳ درصـد بوده اسـت (شـرکت عمران شـهر جدید پردیس، ۱۳۸۹). طی سـال‌های گذشته پسماندهای شهر جدید پردیس به منطقه گندک از توابع بخش رودهن شـهرسـتان دماوند تخلیه شـده و به‌صـورت غیربهداشـتی در این منطقه تلنبار یا دفن می‌شـود و در برخی مواقع برای کاهش حجم پسـماند ناچار سـوزانده می‌شـود که این امر باعث تنزل کیفیت زندگی و تشدید مسائل و مشکلات ساکنین منطقه گردیده است.

عمده کاستی‌ها و چالش‌های محیط‌زیستی مرکز انباشت زباله در این منطقه در سال‌های گذشته عبارتند از:

- آلودگی آب‌های سـطحی ناشـی از جریان نزولات جوی و اشـاعه انواع آلودگی‌های میکروبی در سـطح شهر و مناطق پائین‌دست.
- عدم رعایت اصول فنی تخصصی دفن زباله و نبودن امکانات و تجهیزات کافی.

1. Randazzo et al.
2. Chabuk et al.
3. Arrieta et al.
4. Barakat et al.
5. ingh et al.

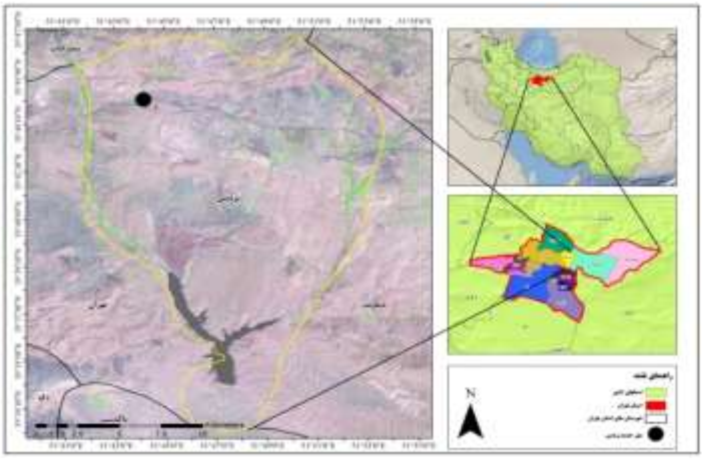
• نفوذ شیرابه به آبخوان منطقه.

با توجه به‌ضرورت و اهمیت موضوع، هدف این پژوهش مکان‌یابی محل دفن پسماند شهری در شهر جدید پردیس با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره و به‌کارگیری قابلیت‌های سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی GIS و منطق فازی است.

۲- مواد و روش

۲-۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

شهر جدید پردیس با وسعتی حدود ۱۴۶۰ هکتار بین ۵۱ درجه و ۴۴ دقیقه و ۳۳ ثانیه تا ۵۱ درجه و ۵۲ دقیقه و ۲۶ ثانیه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۴۲ دقیقه و ۳۷ ثانیه تا ۳۵ درجه و ۴۵ دقیقه و ۳۷ ثانیه عرض شمالی در دامنه جنوبی رشته‌کوه البرز و در طرفین جاده تهران–مازندران در فاصله ۱۸ کیلومتری شرق شهر تهران قرار دارد. موقعیت این منطقه از سمت شمال و شمال شرق رشته‌کوه البرز با قللی به ارتفاع ۲۳۰۰ تا ۲۵۰۰ متر، از سمت شرق شهر بومهن، از جنوب تپه‌ماهورها و اراضی با کاربری کشاورزی و باغات روستایی و در سمت غرب و جنوب غرب پارک ملی خجیر محدود شده است. شاخص‌ترین عارضه طبیعی در غرب این منطقه بستر رودخانه جاجرود است که با فاصله بیشتری از شهر پردیس جریان دارد. شهر جدید پردیس در محدوده دهستان سیاهرود واقع گردیده است. این دهستان در بخش مرکزی شهرستان تهران و از توابع استان تهران می‌باشد (شکل ۱).

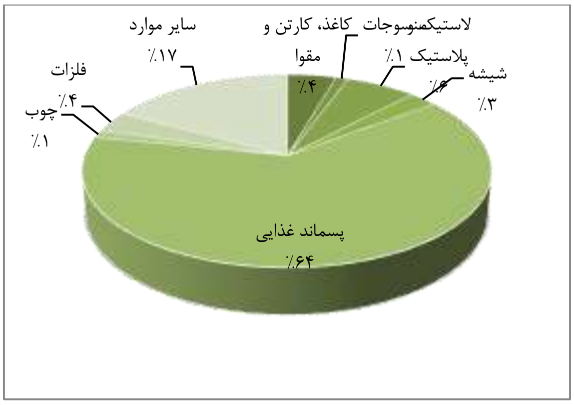


شکل ۱- موقعیت منطقه مطالعاتی

ساختمان زمین‌شناسی منطقه به‌عنوان بخشی از البرز مرکزی موردبررسی قرار گرفته و به لحاظ ویژگی‌های چینه‌شناسی و ژئومرفولوژیک گسترده شهر پردیس و پیرامون آن به کوهستان جنوبی البرز مرکزی و کوهپایه‌های آن

متعلق اســت. گســتره شــهر در نیمه شــمالی بر روی توف‌های ســبز آئوســن بنا گردیده و این آبرفت‌ها دارای دانه‌بندی مناسب هستند و از ضخامت قابل‌توجهی نیز برخوردارند.

با بررســی‌های به عمل آمده و مشــاهدات عینی در محل، سه گروه اصلی از مواد زائد شهری (زباله) در شهر جدید پردیس تولید می‌شــود که عبارتند از زباله‌های خانگی، تجاری با ماهیت مشــابه زباله‌های خانگی و نخاله‌های شــهری. براســاس مطالعات شــهرداری شهر جدید پردیس، اندازه‌گیری‌های وزنی و آنالیز **زائدات** جمع آوری شده طبق شکل ۲ می‌باشد.



شکل ۲- آنالیز زائدات جمع‌آوری شده در محدوده شهر جدید پردیس

(منبع: مطالعات شهرداری شهر جدید پردیس، ۱۳۸۹)

۲-۲- روش انجام پژوهش

در این تحقیق به‌منظور بررســی مباحث نظری و تعیین چارچوب نظری از روش تحقیق توصــیفی- تحلیلی متکی بر داده‌های تجربی اســتفاده می‌شــود و به لحاظ ماهیتی و هدف، تحقیق از نوع تشــریحی و پیش‌بینی‌کننده است. فرایند پژوهش مبتنی بر مراحل ذیل است:

الف) مطالعه کتابخانه‌ای و مرور منابع

ب) انتخاب معیارهای موردنظر و جمع‌آوری داده

ج) وزن‌دهی داده‌ها با روش AHP و ایجاد پایگاه داده در نرم‌افزار ArcGIS

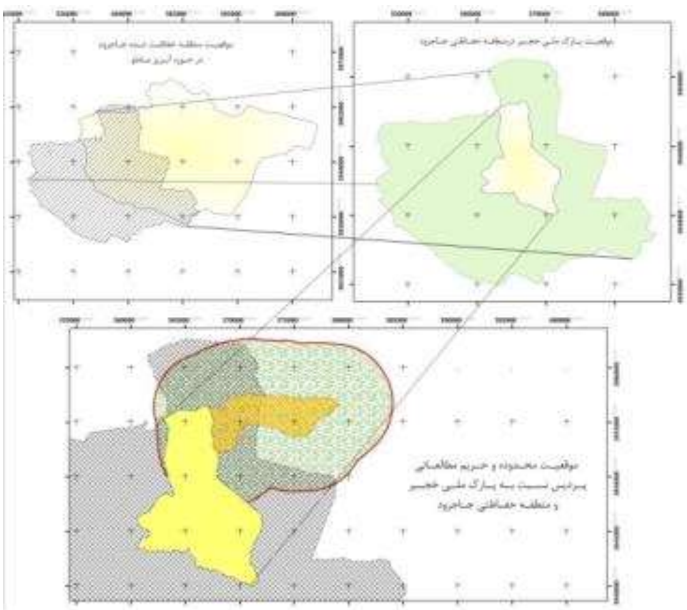
د) تجزیه‌وتحلیل داده‌ها با دو منطق بولین و فازی

ه) مکانیابی

پس از شــناســایی معیارهای ارزیابی مؤثر در عملیات مکان‌یابی محل دفن با توجه به مجموعه اطلاعات موجود و در دســترس، از میان ضــوابط و اســتانداردهای ارائه شــده توسـط وزارت کشــور در این خصـوص هشت فاکتور ذیل

انتخاب و در این تحقیق به کار گرفته شد که عبارتند از: فاصله از چاه‌های عمیق آب، شیب زمین، فاصله از شهر جدید پردیس، فاصله از آب‌های سطحی، فاصله از مراکز جمعیتی، فاصله از باغات، فاصله از زمین‌های کشاورزی، فاصله از جاده‌های دسترسی (جدول ۱).

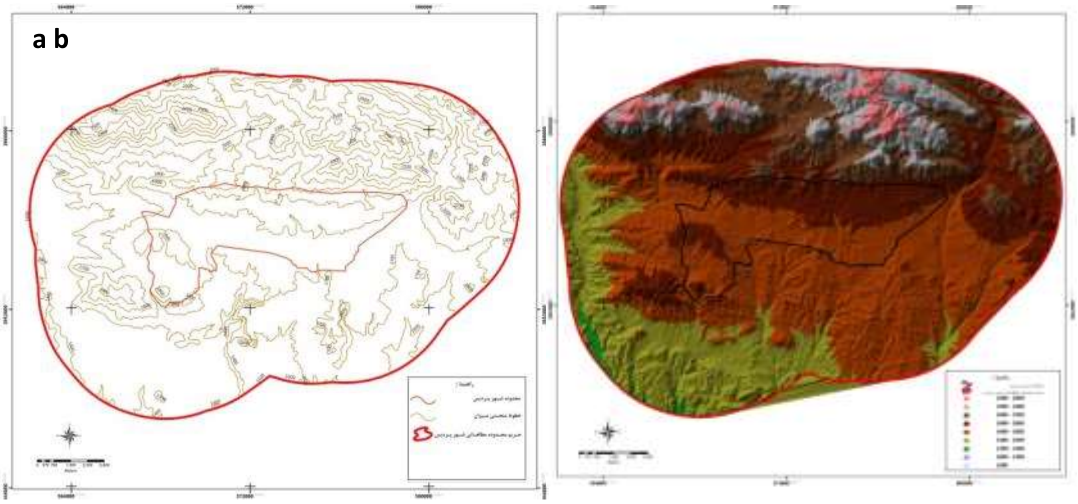
لازم به یادآوری است بخشی از محدوده مطالعاتی در این تحقیق در منطقه حفاظت شده جاجرود و پارک ملی خجیر واقع شده (شکل ۳) که در کلیه مراحل مکان‌یابی ممنوعیت هرگونه دخل و تصرف در این مناطق مد نظر قرار گرفته است.



شکل ۳- منطقه مطالعاتی و پارک ملی خجیر و منطقه حفاظت شده جاجرود

پس از جمع‌آوری داده‌های مورد نظر و ورود آن‌ها به سامانه اطلاعات جغرافیایی لایه‌های اطلاعاتی براساس پروژکسیون UTM زمین مرجع گردید. لازم به ذکر است منطقه مطالعاتی در زون ۳۹ شمالی قرار دارد. در مرحله بعدی مدل رقومی ارتفاع (DEM[1]) منطقه مطالعاتی با استفاده از خطوط منحنی میزان موجود در نقشه‌های $\frac{1}{25000}$ تولید (شکل ٤) و سپس نقشه طبقات شیب تهیه گردید.

1. Digital Elevation Model



شکل ٤- منحنی میزان (a) و مدل رقومی ارتفاع (b)

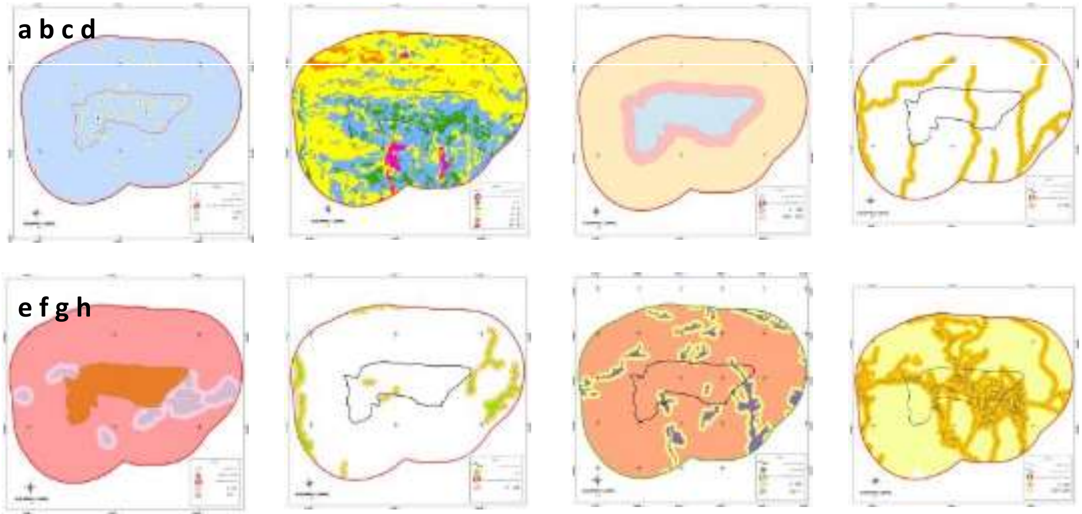
مکان‌یابی براساس منطق بولین

با توجه به معیارهای انتخاب شــده محدوده قابل‌قبول برای مکان‌یابی برمبنای منطق بولین طبق جدول ۱ مشخص و با استفاده از توابع تحلیل‌های مکانی[1] مکان‌های مناسب برای دفن در هر یک از ۸ لایه به‌طور مجزا تعیین شــده و براســاس منطق بولین این لایه‌ها با ارزش صــفر و یک (صــفر= مکان‌های نامناســب و یک = مکان‌های مناسب) طبقه‌بندی گردید (شکل ۵، شامل (a-h)).

جدول ۱- مقادیر معیار مورد استفاده در استاندارد نمودن نقشه بر مبنای منطق بولین

ردیف	نام معیار (لایه نقشه)	محدوده قابل‌قبول برای عملیات مکان‌یابی
۱	فاصله از چاه‌های عمیق	بیش از ۳۰۰ متر
۲	شیب زمین	کمتر از ۱۵٪
۳	فاصله از شهر جدید پردیس	بین ۱ تا ۵ کیلومتر
٤	فاصله از آب‌های سطحی	بیش از ۳۰۰ متر
۵	فاصله از مراکز جمعیت	بیش از ۵۰۰ متر
٦	فاصله از باغات	بیش از ۳۰۰ متر
۷	فاصله از زمین‌های کشاورزی	بیش از ۳۰۰ متر
۸	فاصله از جاده‌های دسترسی	بین ۳۰۰ تا ۳۵۰۰ متر

1. Buffer Distance



شکل ۵- لایه‌های اطلاعاتی منطقه مطالعاتی بر طبق منطق بولین

a) فاصله از چاه‌های عمیق b) شیب زمین c) فاصله از شهر جدید پردیس d) فاصله از آب‌های سطحی e) فاصله از مراکز جمعیت f) فاصله از باغات g) فاصله از زمین‌های کشاورزی h) فاصله از جاده‌های دسترسی

در ادامه لایه‌های اطلاعاتی تولید شـده رویهم‌گذاری شـد. در فرآیند رویهم‌گذاری لایه‌ها، لایه نهایی (لایه خروجی) به‌صورت تابعی از لایه‌های ورودی ایجاد و مورد تحلیل قرار گرفت. به‌طور ویژه ارزش توصـیفی تخصـیص یافته به هر مکان در لایه خروجی تابعی اسـت از ارزش‌های مسـتقل مترتب بر مکان متناظر با آن در لایه‌های ورودی. در نقشـه نهایی و تلفیق یافته هر پیکسل برای هدف موردنظر با ارزش مناسب یا نامناسب تشخیص داده می‌شود.

مکان‌یابی بر اساس منطق فازی

برخلاف منطق بولین در منطق فازی هیچ قطعیتی وجود ندارد که بتوان براسـاس آن یک ناحیه را کاملاً مناسـب یا کاملاً نامناسـب دانسـت. بدین معنا که هر ناحیه بسـته به میزانی که معیار تحت بررسـی را رعایت می‌نماید دارای مقدار عضـویتی اسـت که نمایانگر میزان مرغوبیت آن زمین اسـت (باروس فرانکو و همکاران[1]، ۲۰۲۰ و اسـلام و همکاران[2]، ۲۰۲۰). یعنی هر منطقه یا پیکسـل دارای مقدار عضـویت بالاتر، مرغوب‌تر شناخته خواهد شد. در تئوری فازی درجات مختلفی از قطعیت مطرح و به سـخن دیگر در این تئوری به اعداد بین صـفر و یک نیز توجه شـده اسـت (رضویان و همکاران، ۱۳۹٤، باروس فرانکو و همکاران، ۲۰۲۰ و اسـلام و همکاران، ۲۰۲۰). در کاربرد منطق فازی برای مکان‌یابی محل دفن ابتدا باید ماهیت معیار را از نظر نحوه تأثیرگذاری در انتخاب نهایی تعیین نمود؛ یعنی به‌عنوان‌مثال دانسـت

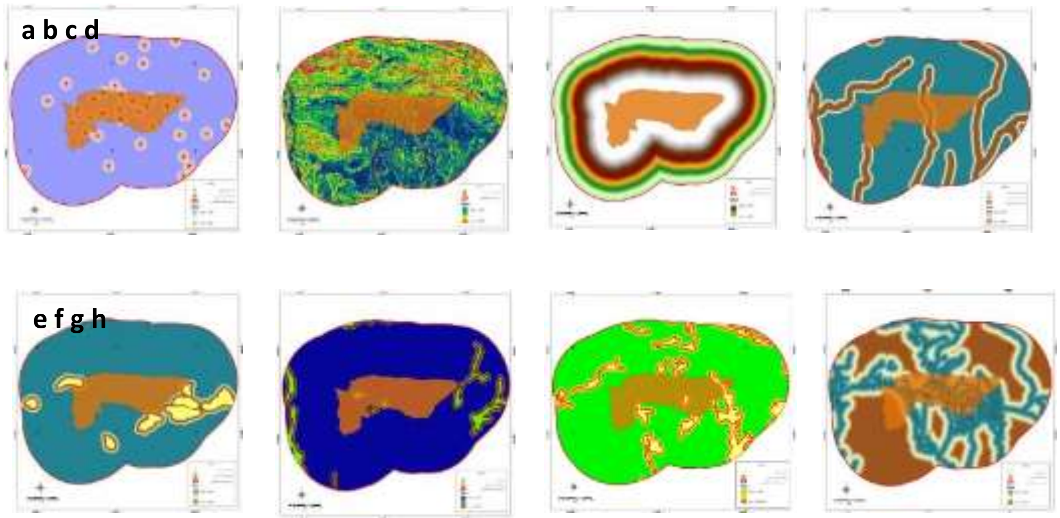
1. Barros Francoa et al.
2. Islam et al.

که مطلوبیت یک محل در افزایش فاصله از آستانه مشخصی است یا کاهش فاصله از آن و یا حتی ممکن است تا فاصله مشخصی تابع افزایشی و از آن به بعد تابع کاهشی مصداق داشته باشد.

جدول شماره ۲ مقادیر آستانه و نوع تابع فازی پیشنهادی برای استاندارد نمودن نقشه‌های معیار در منطق فازی و شکل ٦ نقشه‌های تهیه شده برای مکان‌یابی محل دفن زباله‌ها را نشان می‌دهد.

جدول ۲- مقادیر آستانه وقوع تابع فازی برای استاندارد نمودن نقشه‌های معیار در منطق فازی

ردیف	معیار (لایه نقشه)	نقاط کنترل (مقادیر آستانه)		نوع تابع فازی
۱	فاصله از چاه‌های عمیق آب	۰	۳۰۰ متر	افزایشی
۲	شیب زمین	۰	۱۵ درصد	کاهشی
۳	فاصله از شهر جدید پردیس	۱ کیلومتر	۵ کیلومتر	کاهشی
٤	فاصله از آب‌های سطحی	۰	۳۰۰ متر	افزایشی
۵	فاصله از مراکز جمعیتی	۰	۵۰۰ متر	افزایشی
٦	فاصله از باغات	۰	۳۰۰ متر	افزایشی
۷	فاصله از زمین‌های کشاورزی	۰	۳۰۰ متر	افزایشی
۸	فاصله از جاده‌های دسترسی	۳۰۰ متر	۳۵۰۰ متر	کاهشی



شکل ٦- لایه‌های اطلاعاتی منطقه مطالعاتی بر طبق منطق فازی

a) فاصله از چاه‌های عمیق b) شیب زمین c) فاصله از شهر جدید پردیس d) فاصله از آب‌های سطحی e) فاصله از مراکز جمعیت f) فاصله از باغات g) فاصله از زمین‌های کشاورزی h) فاصله از جاده‌های دسترسی

پس از آماده‌سازی نقشه‌های با معیار فازی نوبت به تلفیق و رویهم گذاری لایه‌ها می‌رسد. در این پژوهش برای تلفیق و رویهم گذاری نقشه‌ها از دو منطق بولین و فازی بهره گرفته شد و در منطق فازی دو روش ذیل موردتوجه قرار گرفت (شکل ۷):

الف) رویهم گذاری بدون وزن دهی برون لایه‌ای

ب) رویهم گذاری با وزن دهی به لایه‌ها با روش AHP

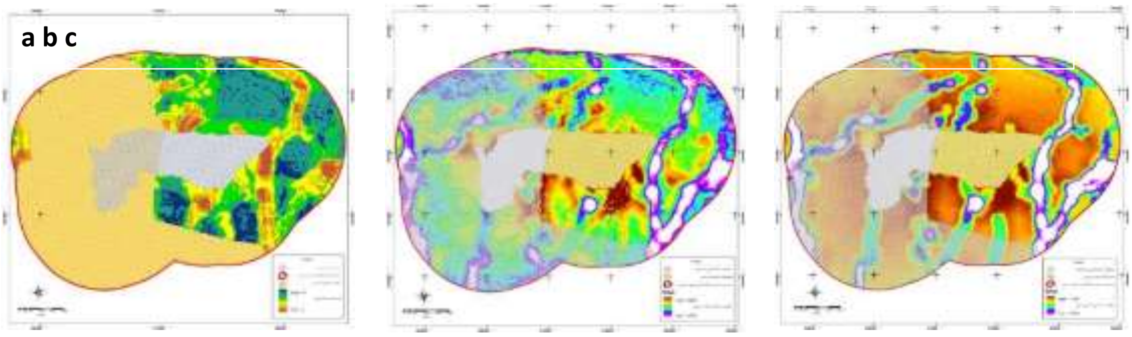
در روش رویهم گذاری با وزن دهی پس از تکمیل مرحله آماده‌سازی اطلاعات و نقشه‌ها و پایگاه داده، وزن دهی به لایه‌ها با روش AHP انجام شد. وزن‌دهی به معیارها یکی از مراحل مهم و اساسی در تصمیم‌گیری چند معیاره می‌باشد که در این تحقیق برای استخراج وزن معیارها روش مقایسه دوتایی (AHP) موردتوجه قرار گرفت. علت انتخاب این روش این است که اولاً به لحاظ سادگی و پایه تئوریک در حد قابل‌قبولی قرار دارد ثانیاً نتایج قابل‌قبول و مناسبی در مقایسه با دیگر روش‌ها ایجاد می‌کند. برای به‌کارگیری روش مقایسه دوتایی باید تک تک معیارهای موردبررسی را به‌صورت جفت جفت مقایسه کرد و اعدادی را که نشانگر اهمیت نسبی هر جفت نسبت به یکدیگر می‌باشند پس از تخصیص در یک ماتریس وارد نمود سپس وزن‌های حاصل و مقدار نسبت توافق را محاسبه نمود. در همین رابطه جدول شماره ۳ وزن‌های محاسبه شده برای معیارهای مورد نظر را با استفاده از روش مقایسه دوتایی نشان می‌دهد.

جدول ۳ - وزن دهی به معیارها با استفاده از روش مقایسه دوتایی

وزن معیار	فاصله از جاده‌های دسترسی	فاصله از چاه‌های آب زیرزمینی	شیب زمین محل دفن	فاصله از آب‌های سطحی	فاصله از شهر جدید پردیس	فاصله از مراکز جمعیتی	فاصله از باغات	فاصله از زمین کشاورزی	معیار
۰/۱۷۲۹	٤	۱/۲	٤	۱/۳	٥	۲	٥	۱	فاصله از زمین کشاورزی
۰/۰۲۹۸	۱/۲	۱/٥	۱/۲	۱/٥	۱/۳	۱/٤	۱	۱/٥	فاصله از باغات
۰/۱٤٦۲	٥	۱/۳	٦	۱/۲	٤	۱	٤	۱/۲	فاصله از مراکز جمعیتی
۰/۰۸۰٦	٤	۱/٥	٥	۱/۲	۱	۱/٤	۳	۱/٥	فاصله از شهر جدید پردیس
۰/۲۲۸٥	٤	۱	٥	۱	۳	۲	٥	۳	فاصله از آب‌های سطحی
۰/۰۲۹۸	۱/٥	۱/۷	۱	۱/٥	۱/٥	۱/٦	۲	۱/٤	شیب زمین محل دفن

وزن معیار	فاصله از جاده‌های دسترسی	فاصله از چاه‌های آب زیرزمینی	شیب زمین محل دفن	فاصله از آب‌های سطحی	فاصله از شهر جدید پردیس	فاصله از مراکز جمعیتی	فاصله از باغات	فاصله از زمین کشاورزی	معیار
۰/۲۶۱٦	٦	۱	۷	۱	۵	۳	۵	۲	فاصله از چاه‌های آب زیرزمینی
۰/۰۵۰٦	۱	۱/٦	۵	۱/٤	۱/٤	۱/۵	۲	۱/٤	فاصله از جاده‌های دسترسی

درنهایت مکانیابی با تلفیق نقشـــه‌های تهیه شـــده و در نظر گرفتن هر دو منطق بولین و فازی (با وزن دهی و بدون وزن دهی) در سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی (نرم‌افزار Arcgis10.5) انجام و مکان‌های مطلوب شناسایی شد.



شکل ۷- مکان‌یابی محل دفن پسماند در منطقه مطالعاتی a) بولین b) فازی بدون وزن دهی c) فازی با وزن دهی

٤- نتایج و بحث

نتایج به‌کارگیری منطق بولین و فازی در سیـستم‌های اطلاعات جغرافیایی مکان‌های مناسب را با ذکر اولویت نشان می‌دهد. یافته‌های حاصـل از فرایند تحلیل سـلسـله مراتبی در این مطالعه حاکی از آن است که فاصله از چاه‌های آب و آبراهه‌ها طبق نظر خبرگان اهمیت بالایی داشته‌اند.

نقشـــه‌های حاصـــل از دو روش (بولین و فازی) مورد اســـتفاده در عملیات مکان‌یابی نشـــان می‌دهد که کمترین زمین‌های ایجاد شـــده (به لحاظ تعداد قطعات و مســـاحت) در روش بولین و بیشـــترین آن در روش فازی در جنوب‌شـرقی شـهر پردیس می‌باشـد. این موضـوع بیانگر این مطلب اسـت که در روش بولین به علت محدود بودن انتخاب‌ها و دامنه مقادیر معیارها در فرآیند مکان‌یابی انعطاف‌پذیری مناســبی وجود ندارد؛ چراکه زمین‌ها براســاس معیارهای مطلق و قطعی انتخاب می‌شـوند. لیکن این روش به علت سـادگی عملیات و سـهولت کاربرد موردتوجه اسـت. مزیت دیگر این روش این اسـت که هیچ‌گونه ریسـکی را قبول نمی‌نماید، یعنی زمین‌های منتخب به‌وسیله این روش به‌طورقطع دارای بهترین شـرایطی اسـت که برای انتخاب تعریف شـده اسـت. البته این موضـوع در مناطقی که

زمین مناسـب کم اسـت، یک نقص تلقی می‌شـود چراکه قدرت مانور بر روی معیارهای مختلف تنها از طریق تغییر محدوده مقدار معیارها میسـر اسـت. درحالی‌که با به‌کارگیری روش فازی به‌واسـطه طیف گسـترده دسـته‌بندی مناطق قدرت تصـمیم‌گیری بالاتر اسـت؛ یعنی در این روش به طرق گوناگون می‌توان در نتایج حاصـل به نحوی تغییر ایجاد نمود که پاسـخ‌های قابل‌قبول‌تری بدهد، ازجمله تغییر در مقادیر آسـتانه، توابع فازی، وزن‌های معیار و تغییر محدوده طبقه‌بندی. از دیدگاه کلی‌تر، مطالعه حاضـر نشـان می‌دهد که سـامانه اطلاعات جغرافیایی با توجه به تنوع توابع و قابلیت‌های تحلیل و ترکیب لایه‌های اطلاعاتی، ابزاری بسـیار قدرتمند در فرآیند مکان‌یابی اسـت که بدون بهره‌گیری از آن، بسـیار وقت‌گیر، پرهزینه و کم‌دقت خواهد بود. به‌طورکلی می‌توان بیان کرد طبق یافته‌های این پژوهش مکان‌های پیشنهادی برای دفن بهداشتی پسماند در جنوب‌شرقی شهر جدید پردیس می‌باشد.

۵- جمع‌بندی

آنچه مسـلم اسـت دسـتیابی به اهداف در نظر گرفته شـده برای شهرهای جدید پیرامون کلان‌شهرها بدون توجه به برنامه‌ریزی خدمات شـهری و ملاحظات اکولوژیکی امکان‌پذیر نیسـت. نتایج این مطالعه نشـان می‌دهد که با استفاده از منطق بولین می‌توان مناطق پر ریسـک را از دامنه انتخاب‌های مکان‌یابی حذف نمود که دستاورد بسیار مهمی است زیرا موجب صـرفه‌جویی قابل‌توجهی در هزینه مطالعات و فرآیند مکان‌یابی می‌شـود و پس از حذف مکان‌های نامناسب با بـه‌کـارگیری منطق فازی مکان‌های مناسـب را شـناسـایی کرد. معیارها و زیرمعیارهایی که در این تحقیق مدنظر قرارگرفته‌اند می‌توانند در شـهرهایی با شـرایط محیطی و اهداف مشـابه مورد اسـتفاده قرار گیرند. البته در تعمیم‌پذیری این شاخص‌ها باید همواره به تفاوت‌های محیطی و اجتماعی توجه نمود.

کتابنامه

اجتماعی، بابک؛ شکور، علی؛ پربار، زهرا؛ ۱۳۹۷. مکان‌یابی محل دفع پسماند شهری با استفاده از GIS (مطالعه موردی: شهر قیر). *فصلنامه برنامه‌ریزی منطقه‌ای*. ۸ (۳۰). ۱۳۸-۱۲۷.
http://doi: 20.1001.1.22516735.1397.8.30.10.0

اقصایی، هلن؛ سوری، بابک؛ ۱۳۹٦. مکانیابی محل دفن پسماند شهری با استفاده از تکنیک‌های اطلاعاتی مکانی مطالعه موردی: شهر سنندج. *پژوهش‌های محیط‌زیست*. ۸ (۱۵). ۲۱۵-۲۲۹.
http://doi: 20.1001.1.20089597.1396.8.15.25.1

بنی اسدی، رقیه؛ احمدی زاده، سید سعیدرضا؛ اعتباری، بهروز؛ قمی معتضه، علیرضا؛ ۱۳۹٦. مکان‌یابی دفن پسماندهای زائد شهری با تأکید بر معیارهای زیست‌محیطی و اقتصادی در مناطق شمالی ایران (مطالعه‌موردی: شهرستان آستارا). *فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط‌زیست*. ۱۹(ویژه‌نامه شماره ۵). ٤۰۵-٤۱۵.
http://doi: 10.22034/jest.2017.11344

تقوی مقدم، ابراهیم؛ پوریان، زهرا؛ زنگنه اسدی، محمدعلی؛ امیری، ابراهیم؛ ۱٤۰۰. ارزیابی تناسب زمین جهت بهینه‌یابی محل دفن پسماند شهری با تأکید بر فاکتورهای طبیعی (نمونه موردی: شهر جغتای). *جغرافیا و مطالعات محیطی*. ۱۰(۳۷). ۹۹-۱۱٤.
http://ges.iaun.ac.ir/article_680114_77c4444d1bceb00731823ea29419649b.pdf

حجازی، سیداسدالله؛ ۱۳۹٤. مکان‌یابی دفن زباله‌های شهری با استفاده از تکنیک‌های اطلاعات مکانی و تحلیل سلسله مراتبی: مطالعه موردی شهرستان مراغه. *نشریه علمی جغرافیا و برنامه‌ریزی*. ۱۹(٥٤). ۱۰۵-۱۲۵.
https://geoplanning.tabrizu.ac.ir/article_4471_d713630ce910a59046e8f0baa1509785.pdf

خورشیددوست، علی‌محمد؛ عادلی، زهرا؛ ۱۳۸۸. استفاده از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی برای یافتن مکان بهینهٔ دفن زباله (مطالعهٔ موردی: شهر بناب). *محیط‌شناسی*. ۳۵(٥۱). ۲۷-۳۲.
http://doi: 20.1001.1.10258620.1388.35.51.6.8

رضویان، محمدتقی؛ کانونی، رضا؛ فیروزی، ابراهیم؛ ۱۳۹٤. مکانیابی محل دفن پسماند جامد شهری (مطالعه موردی: شهر اردبیل). *برنامه‌ریزی و آمایش فضا*. ۱۹ (٤). ۹۲-٦۷
https://hsmsp.modares.ac.ir/article-21-10945-fa.pdf.

صمیمیان، مهدی؛ زندمقدم، حمیدرضا؛ ۱۳۹٦. مکانیابی محل دفن پسماند زباله‌های شهری با رویکرد زیست‌محیطی (مطالعه موردی شهر قائمشهر). *کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش‌ازدور در برنامه‌ریزی*. ۸(۲). ۱-۱۰.
https://gisrs.semnan.iau.ir/article_532900_4399659c3b1dc60487371a5a18ee2357.pdf

صیدایی، سید اسکندر؛ حسین‌زاده سورشجانی، نسیم؛ ۱۳۹٦. مکان‌یابی بهینهٔ محل دفن پسماند با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) (مطالعهٔ موردی: بخش میانکوه شهرستان اردل). *مدیریت مخاطرات محیطی*. ٤(۲). ۱۵۷-۱۷٤.
http://doi: 10.22059/jhsci.2017.243685.285

عمادالدین، سمیه؛ فرزانه، فاطمه؛ آرخی، صالح؛ صیادسالار، یاسین؛ ۱۳۹۹. مکان‌یابی دفن پسماند شهری با استفاده از مدل‌های تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و شبکه عصبی مصنوعی (ANN) (مطالعه موردی: شهرستان گرگان). *جغرافیا و مخاطرات محیطی*. ۹(۲). ۱۸۷–۲۰۵. http://doi: 10.22067/geo.v9i2.86496

غلامی، محمد، نظری، ولی اله؛ رضاعلی، منصور؛ ۱۴۰۰. مکان‌یابی محل دفن پسماندهای شهری با استفاده از GIS و AHP (مطالعهٔ موردی: شهر ساحلی- صنعتی عسلویه). *فصلنامه علمی - پژوهشی نگرش‌های نو در جغرافیای انسانی*. ۱۳(۲). ۱۹۳–۲۱. http://doi: 20.1001.1.66972251.1400.13.2.10.1

گیلوری، سارا؛ حافظی مقدس، ناصر؛ مظلومی بجستانی، علیرضا؛ مظهری، سید علی؛ ۱۳۹٤. ارزیابی زیست‌محیطی (EIA) و مکان‌یابی بهینه محل دفن پسماند جامد شهری با استفاده از روش SAW، GIS و ماتریس لئوپولد (مطالعه موردی شهر یزد). *طلوع بهداشت*. ۱٤ (٦). ۱٦۲–۱٤۹. http://tbj.ssu.ac.ir/article-1-1983-fa.html

مالچفسکی، ی.؛ ۱۳۹۲. سامانه اطلاعات جغرافیایی و تحلیل تصمیم چندمعیاره. ترجمه: پرهیزگار، الف؛ و غفاری گیلانده، ع. چاپ سوم. تهران: انتشارات سمت. ٦۰۸ صفحه.

میرآبادی، مصطفی؛ حسین عبدی قلعه، علی؛ ۱۳۹٦. مکان‌یابی محل دفن پسماند شهرستان بوکان با استفاده از منطق بولین و مدل سلسله مراتبی AHP). *فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط‌زیست*. ۱۹(۱). ۱٤۹–۱٦۸. http://doi: 10.22034/jest.2017.10342

نیک زاد، وحید؛ امیری، محمد جواد؛ معرب، یاسر؛ فروغی، نگار؛ ۱۳۹٦. مکان‌یابی محل دفن پسماند با استفاده از منطق فازی در GIS و مدل تحلیل فرایند شبکه‌ای فازی (FANP) (مطالعه موردی: شهرستان علی‌آباد). *جغرافیا و مخاطرات محیطی*. ٦(۱). ٦۷–۸۷. http://doi: 10.22067/geo.v6i1.47944

وزارت کشور؛ ۱۳۸۸. ضوابط زیست محیطی مکان‌یابی محل‌های دفن مواد زائد جامد. دفتر خدمات شهری سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور.

Arrieta, G., Requena, I., Toro, J., Zamorano, M., 2016. Adaptation of EVIAVE methodology for monitoring and follow-up when evaluating the environmental impact of landfills. *Environmental Impact Assessment Review*, 56, 168-179. https:// doi.org/ 10.1016 /j.eiar.2015.10.001

Barakat, A., Hilali, A., Baghdadi, M.E., 2017. Landfill site selection with GIS-based multi-criteria evaluation technique. A case study in Béni Mellal-Khouribga Region. Morocco. *Environmental Earth Sciences*, 76, 413. https://doi.org/10.1007/s12665-017-6757-8

Barros Francoa, D.G., Teresinha Arns Steinera, M., Medeiros Assefa, F., 2020. Optimization in waste landfilling partitioning in Paraná State، Brazil. *Journal of Cleaner Production*, 283, 125353. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125353

Chabuk, A., Al-Ansari, N., Hussain, H.M., 2019. Landfill sites selection using MCDM and comparing method of change detection for Babylon Governorate، Iraq. *Environmental Sciences and Pollution Research*, 26, 35325–35339. https://doi.org/10.1007/s11356-019-05064-7

Chandrappa, R., Bhusan Das, D., 2012. Solid Waste Management; Principles and Practice. Springer. https://doi:10.1007/978-3-642-28681-0

Chenge, S., Chan, C.W., Huang, G.H., 2003. An integrated multicriteria decision analysis and inexact mixed integer linear programming approach for solid waste management. *Engineering Application of Artificial Intelligence*, 16, 543- 554. https:// doi.org/ 10.1016/ S0952-1976(03)00069-1

Islam, M., Kashem, S., Morshed, S., 2020. Integrating spatial information technologies and fuzzy analytic hierarchy process (F-AHP) approach for landfill siting. *City and Environment Interactions*, 7, 100045. https://doi.org/10.1016/j.cacint.2020.100045

Javaheri, H., Nasrabadi, T., Jafarian, M.H., Rowshan, G.R., Khoshnam, H., 2006. Site selection of municipal solid waste landfills using analytical hierarchy process method in a geographical information technology environment in Giroft. *Journal of Environmental Health Science & Engineering*, 3, 177-184. https:// ijehse.tums.ac.ir /index.php/ jehse/ article/ view/87/86

Mahini, A.S., Gholamalifard M., 2006. Siting MSW landfill with weighted linear combination methodology in a GIS environment. *International Journal of Environmental Science & Technology*, 3, 435-445. https://doi.org/10.1007/BF03325953

Randazzo, L., Cusumano, A., Oliveri, G., Di Stefano, P., Renda, P., Perricone, M., Zarcone, G., 2018. Landfill site selection for municipal solid waste by using AHP method in GIS environment: waste management decision-support in sicily (Italy). *Detritus*, 2(1), 78-88. https://doi.org/10.31025/2611-4135/2018.13656.

Singh, A., 2019. Remote sensing and GIS applications for municipal waste management. *Journal of Environmental Management*, 243, 22-29. https:// doi.org/ 10.1016/ j.jenvman. 2019.05.017.

Sumathi, V.R., Natesan, U. Sarker, C., 2008. GIS-based for optimized sitting of municipal solid waste landfill. *Waste management*, 28, 2146-2160. https:// doi.org/ 10.1016/ j. wasman.2007.09.032